

2. *Шабанов Г.А., Максимов А.Л., Рыбченко А.А.* Функционально-топическая диагностика организма человека на основе анализа ритмической активности головного мозга. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – 206 с.
3. *Шабанов Г.А., Лебедев Ю.А.* К развитию концепции о системообразующей функции биологической синхронизации. Схема тела как частотная матрица // Информатика и системы управления.– 2009. – № 4. – С. 42-44.
4. *Лебедев Ю.А., Шабанов Г.А., Рыбченко А.А.* Исследование влияния слабых электромагнитных полей на ритмические компоненты электрической активности головного мозга // Информатика и системы управления. – 2010. – № 2. – С. 94-97.
5. *Рыбченко А.А., Лебедев Ю.А., Шабанов Г.А., Короченцев В.И.* Программно-аппаратный комплекс для коррекции выраженных дисфункций внутренних органов человека на основе анализа ритмической активности головного мозга // Медицинская техника. – 2010. – № 1. – С. 27-30.

Статью рекомендовал к опубликованию д.б.н. В.М. Чудновский.

Лебедев Юрий Альбертович – Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН; e-mail: neurokib@mail.ru; 690022, г. Владивосток, ул. Кирова, 95. тел.: 84232313321; лаборатория экологической нейрокибернетики; ведущий математик.

Шабанов Геннадий Анатольевич – e-mail: neurokib@mail.ru; с.н.с.; к.биол.н.

Рыбченко Александр Алексеевич – лаборатория экологической нейрокибернетики; зав. лабораторией; д.т.н.; профессор.

Короченцев Владимир Иванович – Дальневосточный федеральный университет; e-mail: vkoroch@mail.ru; 690091, г. Владивосток, ул. Суханова, 8; тел.: 84232450982; кафедра приборостроения; зав. кафедрой; д.ф.-м.н.; профессор.

Агапова Тамара Михайловна – e-mail: agap@ifit.phys.dvgu.ru; тел.: 84232432706; кафедра теоретической и экспериментальной физики; к.мед.н.; доцент.

Lebedev Yuriy Albertovich – Research center “Arctica” FEB RAS; e-mail: neurokib@mail.ru; 95, Kirova street, Vladivostok, 690022, Russia; phone: +74232313321; ecological neurocybernetic laboratory; principal mathematician.

Shabanov Gennadiy Anatolevich – e-mail: neurokib@mail.ru; senior research assistant; cand. of biolog. sc.

Rybchenko Alexander Alekseevich – Y-mail: neurokib@mail.ru; ecological neurocybernetic laboratory; director of laboratory; dr. of eng. sc.; professor.

Korochencev Vladimir Ivanovich – FEFU; e-mail: vkoroch@mail.ru; 8, Suhanova street, Vladivostok, 690091, Russia; phone: +74232450982; the department of instrumentation; director; dr. of phis.-math. sc.; professor.

Agapova Tamara Mihaylovna – e-mail: agap@ifit.phys.dvgu.ru; phone: +74232432706; the department of theoretical and experimental physics; the senior lecturer; cand. of med. sc.

УДК 51-7:159.938

Т.В. Кухарова, О.И. Боев

ПОСТРОЕНИЕ НАБЛЮДАТЕЛЯ ПСИХИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Человеческий организм представляет собой сложную, многомерную и нелинейную систему. Состояние человеческого организма характеризуется огромным количеством различных по своей природе параметров: биологических, биохимических, физических, электрофизиологических. В результате статистической обработки параметров каждой электропроводности здоровых людей и пациентов с различными психическими расстрой-

ствами, нами получены коэффициенты классифицирующих функций, позволившие построить математическую модель наблюдателя психического состояния человека. Написана программа на языке Pascal, позволяющая по результатам обследования человека с помощью АПК «АМСАТ-КОВЕРТ» быстро, неинвазивно и достаточно точно выявить наличие у человека психического расстройства.

Психическое состояние; параметры кожной электропроводности; дискриминантный анализ; классифицирующие функции; наблюдатель психического состояния.

T.V. Kukharova, O.I. Boev

CONSTRUCTION THE OBSERVER OF HUMAN MENTAL STATE

The human body is a complex, multidimensional and nonlinear system. The state of the human body is characterized by lots of different in their nature parameters: biological, biochemical, physical, electrophysiological. As a result of statistical processing of the parameters of skin conductance of healthy people and patients with various mental disorders, we have obtained the coefficients of the functions for classification, which allowed to construct a mathematical model of the observer of human mental state. The program in the programming language Pascal has written, which allows with using the results of the survey of human by APC "AMSAT-Covert" quickly, accurately and noninvasively detect the presence of mental disorder.

Mental state; parameters of skin conductance; discriminant analysis; functions for classification; observer of mental state.

Человеческий организм представляет собой сложную, многомерную и нелинейную систему. Состояние человеческого организма характеризуется огромным количеством различных по своей природе параметров: биологических, биохимических, физических, электрофизиологических. Параметры, зависящие от психического состояния человека (норма или патология) рассмотрены нами как переменные состояния объекта (человеческого организма), а функции, позволяющие на основе отобранных параметров различить эти состояния – как функции выхода объекта.

Такой подход дает возможность не только диагностировать наличие психического расстройства, но и, при соответствующей постановке эксперимента, определить параметры входных воздействий, переводящие человека в состояние нормы. В качестве входных воздействий на практике могут выступать применяемые для лечения психических патологий лекарственные средства и манипуляции. Так как у нас отсутствует априорная информация о свойствах объекта, для построения математической модели нами планируется эксперимент по определению реакции объекта (организма человека) на заданное изменение входного воздействия (дозы лекарственного препарата). В результате идентификации объекта получим передаточную матрицу, связывающую входные воздействия с функциями выхода. Синтез регулятора планируется осуществить путем построения годографов собственных значений передаточной матрицы [1]. Структура разрабатываемой системы управления фазовым пространством человеческого организма приведена на рис. 1.

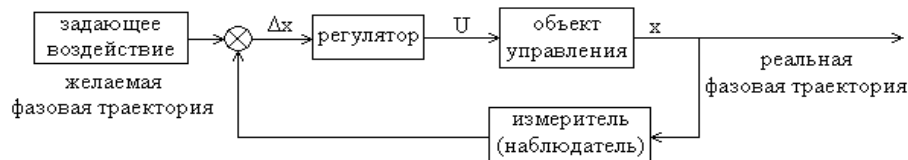


Рис. 1. Структура системы управления фазовым пространством человеческого организма

В качестве переменных состояния объекта нами выбраны параметры электропроводности, полученные при измерении накожными электродами с помощью АПК «АМСАТ-КОВЕРТ».

Электропроводимость тканей и органов зависит от их функционального состояния и, следовательно, может быть использована как диагностический показатель. Психические процессы также находят соматический отклик, свидетельством чему является кожно-гальваническая реакция – изменение разности электрических потенциалов между двумя участками кожи при действии различных раздражителей.

АМСАТ (автоматизированная медицинская система анализа терапии) представляет собой комплекс из измерительного устройства, компьютера и измерительно-диагностирующей программы. Ее основное назначение состоит в поиске органов и систем органов с измененной функцией, а также органов и систем с нарушенной вегетативной регуляцией [2].

"АМСАТ-КОВЕРТ" автоматически проводит последовательное сканирование тела человека импульсами отрицательной и положительной полярности с использованием трех пар электродов: лобных, ручных и ножных (22 отведения). Схема отведений АПК «АМСАТ-КОВЕРТ» представлена на рис. 2. Напряжение воздействующего на пациента в процессе диагностики электрического тест-сигнала не превышает 1,5 В, сила тока не превышает 50 мкА, частота следования импульсов 10 Гц, что соответствует требованиям безопасности.

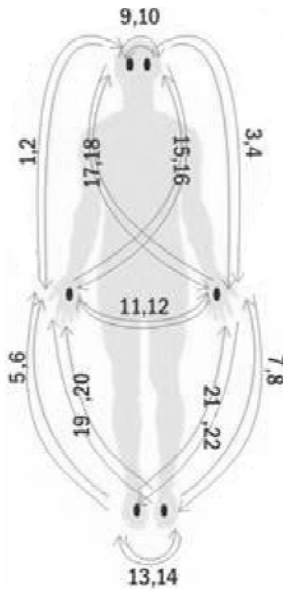


Рис. 2. Схема отведений АПК «АМСАТ-КОВЕРТ»

АМСАТ позволяет измерять от каждого отведения следующие параметры:

int – показатель проводимости, в условных единицах «шкалы Фолля» – от 0 до 100 единиц;

rik – емкостная составляющая проводимости («падение стрелки» в терминологии Р. Фолля), в условных единицах;

БФО – базовый фактор отклонения – интегральный количественный показатель, включающий в себя обработанные по заложенному в АПК «АМСАТ-КОВЕРТ» математическому алгоритму первичные данные отведения, в процентах отклонения от условной нормы – от -100 до +100;

БКС – базовый коллоидный сдвиг – показатель, рассчитываемый по заложенному в АПК «АМСАТ-КОВЕРТ» математическому алгоритму и характеризующий коллоидное состояние агрегации в организме при влиянии динамических факторов электрических процессов, в условных единицах.

Нами проанализированы показатели, полученные при обследовании с помощью АМСАТ 458 пациентов ГУ клиники пограничных состояний СГМА, Ставропольской краевой клинической психиатрической больницы №1, Новочеркасского филиала Ростовского областного психоневрологического диспансера с различными психическими расстройствами и 132 добровольца – учащихся и преподавателей Ставропольского государственного университета без явных признаков психической и соматической патологии. Возраст обследованных – от 16 до 81 года, 272 мужчины и 318 женщин.

Ниже представлено распределение пациентов по подгруппам в соответствии с клиническими рубриками (по МКБ-10):

1. В первую группу исследования вошли пациенты с клинически верифицированными психическими расстройствами экзогенного происхождения (n = 102):

1.1. Органические психотические расстройства – бредовые и галлюцинаторные – F06.0; F06.1; F06.2; (n = 5).

1.2. Органические непсихотические депрессивные расстройства – F06.36 (n = 8).

1.3. Органические тревожные и фобические расстройства – F06.4 (n = 5).

1.4. Органические астенические расстройства – F06.6 (n = 42):

1.5. Органические расстройства личности – F07 (n = 19).

1.6. Последствия неонатального поражения ЦНС – F06.9 (n = 7).

1.7. Расстройства, связанные с употреблением психоактивных веществ – F1x.0; F1x.1; F1x.2; F1x.3 (n = 16):

2. Во вторую группу исследования вошли пациенты с клинически верифицированными эндогенными психическими расстройствами (n = 287):

2а. Пациенты с шизофренией и расстройствами шизофренического спектра – F20-F29 (n = 240):

2а.1. Пациенты с шизофренией – F20 (n = 160)

2а.2. Пациенты с расстройствами шизофренического спектра – F21 (n = 80).

2б. Пациенты с эндогенными аффективными расстройствами – F30-F39 (n = 47).

2б.1. Пациенты с биполярным аффективным расстройством (БАР) – F31 (n = 10).

2б.2. Пациенты с депрессивным эпизодом униполярной депрессии – F32 (n = 14).

2б.3. Пациенты с рекуррентной депрессией – F33 (n = 23).

3. В третью группу исследования вошли пациенты с клинически верифицированными психогенными невротическими расстройствами (n = 69):

3.1. Расстройства тревожного и депрессивного спектра – F41; F41.3 (n = 21).

3.2. Расстройства, связанные со стрессом или нарушением адаптации – F43 (n = 23).

3.3. Конверсионные (диссоциативные) расстройства – F44 (n = 6).

3.4. Соматоформные расстройства F45.3 (n = 9).

3.5. Неврастения F48.0 (n = 10).

Анализ параметров наблюдений большей частью выполнялся нами в экспертной среде статистической индукции BCL (А.И.Субетто, 1991) с использованием библиотеки модулей SADQO (В.А.Уткин, 2002, 2003) на языке PASCAL (stand. *.tpr, TP-7, lic. #AACL-ALL114A/15 No.IA117A10262725). В целях разведочного и сравнительного анализа использовался также пакет прикладных программ AtteStat (И.П. Гайдышев, 2001, lic. MicrosoftPartNo. 001-001-0021RU). В отдельных случаях элементарные сопоставления показателей положения и рассеяния выборочных данных реализованы с применением статистических приложений лицензионного пакета Excel 2003. Все вычисления выполнены на ПЭВМ IBMPC класса Pentium.

С помощью блока приложений ANOVA-M v.2 квалитметрической среды SADQO (В.А.Уткин, 2002, 2003) были найдены статистические характеристики каждого ряда, образованного показаниями каждого параметра по каждому отведению (всего 88 показателей) для каждой из групп исследования. Получены следующие статистические показатели: максимальное и минимальное значение, вариационный размах, медиана, среднее, стандарт, асимметрия, эксцесс, коэффициент вариации, показатель точности опыта, достоверность последних семи характеристик и наличие отклонения от нормального распределения.

Для проведения дискриминантного анализа отобрано 15 параметров, значимость отличий по которым между основными группами патологий и нормой оказалась наибольшей.

В основу дискриминантного анализа положено представление о возможности для i -го объекта k -й группы объектов выразить совокупность параметров $x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_p$ линейной комбинацией $f_{ik} = u_0 + u_1 \mathbf{X}_{i1k} + u_2 \mathbf{X}_{i2k} + \dots + u_p \mathbf{X}_{ipk}$, которую принято называть канонической дискриминантной функцией.

Коэффициенты u_j находят, зная собственные векторы v_j из $\min(q-1, p)$ собственных векторов $\mathbf{V} = \mathbf{W}^{-1} \times \mathbf{B}$,

где \mathbf{W} представлена элементами $w_{mn} = \sum_{k=1}^q \sum_{i=1}^{r_k} (x_{imk} - \bar{x}_{mk})(x_{ink} - \bar{x}_{nk})$, а $\mathbf{B} = \mathbf{T} \times \mathbf{W}$,

где \mathbf{T} представлена элементами $t_{mn} = \sum_{k=1}^q \sum_{i=1}^{r_k} (x_{imk} - \bar{x}_{mk})(x_{ink} - \bar{x}_{nk})$

и соответственно q – число классов или групп; r_k – число объектов в k -м классе;

p – число параметров, описывающих отдельный объект;

$\bar{x}_{mk} = \sum_{i=1}^{r_k} x_{imk}$, $\bar{x}_{nk} = \sum_{i=1}^{r_k} x_{ink}$ – средние значения соответственно m -го и n -го параметра k -го класса;

параметра k -го класса;

$\bar{\bar{x}}_m = \sum_{k=1}^q \sum_{i=1}^{r_k} x_{imk}$, $\bar{\bar{x}}_n = \sum_{k=1}^q \sum_{i=1}^{r_k} x_{ink}$ – средние значения соответственно m -го и

n -го параметра.

Коэффициенты канонической дискриминантной функции:

$$u_j = v_j \sqrt{(N-q)}, \text{ где } N = \sum_{k=1}^q r_k, \text{ а свободный член } u_0 = -\sum_{j=1}^p u_j \bar{\bar{x}}_j.$$

Относя объекты к тому или иному классу, т.е. при распознавании или диагностике, чаще используют простые классифицирующие функции:

$$h_k = a_{0k} + a_{1k} \mathbf{X}_1 + a_{2k} \mathbf{X}_2 + \dots + a_{pk} \mathbf{X}_p,$$

$$\text{где } a_{jk} = (N-q) \sum_{m=1}^p w_{mj}^{-1} \bar{x}_{mk}, \quad a_{0k} = -0.5 \sum_{j=1}^p a_{jk} \bar{\bar{x}}_j$$

и считают объект принадлежащим классу с максимальным значением h [3].

Дискриминантный анализ по отобраным параметрам был выполнен отдельно для мужчин и женщин. Включение в качестве параметра возраста обследованного существенно повысило качество распознавания.

Параметры, коэффициенты при которых в полученных классифицирующих функциях оказались наименьшими, были исключены. После получения корреляционной матрицы были также исключены по одному параметру из каждой пары

коррелирующих параметров. В результате число параметров было сокращено до 7 без существенного ухудшения качества распознавания. У женщин определяющими оказались параметры возраст, *int* 12-го отведения, БФО 7, 12, 21, 22-го отведений и БКС 7-го отведения, у мужчин – возраст, *int* 7-го отведения, БФО 6, 8, 12, 19-го отведения и БКС 7-го отведения.

Ниже приведены полученные простые классифицирующие функции для определения наличия у человека психического расстройства.

Для мужчин:

$$U_{\text{патологии}} = 0,33789 \cdot \text{возраст} + 1,238338 \cdot \text{int } 7 + 0,085821 \cdot \text{БФО } 6 - 0,15396 \cdot \text{БФО } 8 + 0,073987 \cdot \text{БФО } 12 - 0,08673 \cdot \text{БФО } 19 + 0,344825 \cdot \text{БКС } 7 - 59,2535; \quad (1)$$

$$U_{\text{нормы}} = 0,251424 \cdot \text{возраст} + 1,247304 \cdot \text{int } 7 + 0,101867 \cdot \text{БФО } 6 - 0,16858 \cdot \text{БФО } 8 + 0,10543 \cdot \text{БФО } 12 - 0,11327 \cdot \text{БФО } 19 + 0,290185 \cdot \text{БКС } 7 - 59,155.$$

Для женщин:

$$U_{\text{патологии}} = 0,370824 \cdot \text{возраст} + 1,719578 \cdot \text{int } 12 + 0,052373 \cdot \text{БФО } 7 - 0,24273 \cdot \text{БФО } 12 - 0,04169 \cdot \text{БФО } 21 + 0,011593 \cdot \text{БФО } 22 + 0,230979 \cdot \text{БКС } 7 - 83,9861; \quad (2)$$

$$U_{\text{нормы}} = 0,279028 \cdot \text{возраст} + 1,683796 \cdot \text{int } 12 + 0,051667 \cdot \text{БФО } 7 - 0,21791 \cdot \text{БФО } 12 - 0,08084 \cdot \text{БФО } 21 + 0,04825 \cdot \text{БФО } 22 + 0,199915 \cdot \text{БКС } 7 - 78,7749.$$

Объект относится к классу, значение классифицирующей функции для которого максимально. Системы уравнений для мужчин (1) и для женщин (2) представляют собой математические модели наблюдателей психического состояния человека, которые допускают простую реализацию на практике.

Качество распознавания составило 79,78 % у мужчин и 83,33 % у женщин.

На основе полученных классифицирующих функций нами написана программа на языке Pascal, позволяющая по результатам обследования человека с помощью АПК «АМСАТ-КОВЕРТ» с достаточной надежностью выявить наличие у человека психического расстройства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Першин И.М.* Анализ и синтез систем с распределенными параметрами. – Пятигорск: Рекламно-информационное агентство на КМВ. 2007. – 244 с.
2. Руководство по эксплуатации АПК «АМСАТ-КОВЕРТ».
3. *Уткин В.А.* Статистические технологии в медицинских исследованиях: Монография. – Пятигорск: ГНИИК, 2002. – 214 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.м.н. В.А. Мишагин.

Кухарова Татьяна Валерьевна – Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина); e-mail: unit-4@yandex.ru; 357350, Ставропольский край, Предгорный район, ст. Эссентукская, ул. Мичурина, 70; тел.: +79614790988; аспирант.

Боев Олег Игоревич – Ставропольская государственная медицинская академия; e-mail: oleg-boev@mail.ru; 355017, г. Ставрополь, ул. Ленина, 417, корпус 3, этаж 4, каб. 407; тел.: 89283214202; кафедры психиатрии, психотерапии и медицинской психологии с курсом неврологии; ассистент; к.мед.н.

Kukharova Tatyana Valerevna – Saint-Petersburg State Electrotechnical University «LETI»; e-mail: unit-4@yandex.ru; 70 Michurin street, Essentukskaya, Predgorny district, Stavropol reg., 357350, Russia; phone: +79614790988; postgraduate student.

Boev Oleg Igorevich – Stavropol State Medical Academy; e-mail: oleg-boev@mail.ru; 407 cabinet, 4th floor, block 3, 417 Lenin street, Stavropol, 355017, Russia; phone: +79283214202; the department of psychiatry, psychotherapy and medical psychology with course of neurology; assistant; cand. of med. sc.